РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ. РАДИОЭКОЛОГИЯ, 2019, том 59, № 1, с. 46–57

РАДИАЦИОННАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

УДК 616-053.1:314.4:539.1.047:614.876

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ МЕРТВОРОЖДЕНИЙ НА РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ (1986–2016)

© 2019 г. А. В. Корсаков[1,*], В. Хоффманн[2], Л. И. Пугач[1], Д. Г. Лагерев[1]

[1] *Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия*

[2] *Институт общественной медицины Университета Грайфсвальда, Департамент эпидемиологии и общественного здравоохранения, Грайфсвальд, Германия*

** E-mail: korsakov_anton@mail.ru*

Поступила в редакцию 03.04.2018 г.

На основании официальных статистических данных за 1986–2016 гг. проведен сравнительный анализ частоты мертворождаемости мальчиков и девочек на территориях Брянской области, характеризующихся разной плотностью загрязнения в результате Чернобыльской катастрофы долгоживущими радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr. На протяжении 31 года после аварии на Чернобыльской АЭС (1986–2016) не выявлено существенных различий коэффициента мертворождаемости как мальчиков, так и девочек на радиоактивно-загрязненных и незагрязненных территориях Брянской области. На территориях с радионуклидными загрязнениями выявлено более значительное превышение коэффициента мертворождаемости мальчиков над девочками (разница 17%) по сравнению с соответствующими данными по области (разница 10%) и контрольными территориями (разница 8%). Третий период после катастрофы (2008–2016 гг.) характеризовался наиболее существенными рассматриваемыми различиями, составившими 52%.

Ключевые слова: мертворождаемость, тератогенное воздействие, Чернобыльская катастрофа, Брянская область, радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs, ^{90}Sr

DOI: 10.1134/S0869803119010053

Дополнительное воздействие ионизирующего облучения может нарушать нормальное эмбриональное развитие и приводить как к гибели плода, так и к возникновению пороков развития физических аномалий, нарушений метаболизма и генетическим дефектам. Индукция этих патологий зависит от уровня облучения и стадии эмбрионального развития, на которую оно пришлось. Ионизирующая радиация вызывает мутации в половых клетках родителей и является фактором, нарушающим процессы внутриутробного развития на его ранних стадиях. Инкорпорированные в материнском организме радионуклиды могут вызывать эмбриональную дисплазию, структурные и функциональные изменения в развивающихся органах и тканях эмбриона и плода, что может привести как к мертворождению плода (в случае более высокого уровня облучения), так и к различным неонатальным патологиям [1, 2].

Спустя 31 год после Чернобыльской катастрофы на радиационно-загрязненных территориях Украины, Беларуси и России радиоактивность, определяемая, в основном, долгоживущими ^{137}Cs и ^{90}Sr, будет еще несколько десятилетий оставаться радиологически значимой [3–8].

Анализ научных публикаций на протяжении 30 лет после Чернобыльской катастрофы указывает на повышенную частоту спонтанных абортов, мертворождаемости и перинатальной смертности на радиационно-загрязненных территориях Украины, Беларуси и европейской территории России в первые 15 лет после катастрофы [8–16]. Первый резкий подъем перинатальной смертности в Беларуси и на Украине пришелся на 1987 г., второй на 1989 г. и коррелировал с содержанием стронция в организме беременных женщин [12]. В Российской Федерации на радиационно-загрязненных территориях Калужской области в 1987–1990 гг. был зарегистрирован рост коэффициента мертворождаемости относительно контрольных территорий на 37% (10.7 и 7.8 соответственно). В течение последующих 10 лет (1991–2000) он превышал аналогичные показатели контрольных территорий на 44% и общероссийские значения на 21% [15, 16]. Наиболее существенный рост частоты спонтанных абортов, мертворождаемости и перинатальной смертности выявлен на протяжении 14 лет после катастрофы (1987–2000) в семьях участников ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в 1986–1987 гг.,

превышая аналогичные показатели персонала Смоленской и Калининской АЭС в 2.5, 1.5 и 1.6 раза [17].

В Германии было зарегистрировано увеличение перинатальной смертности в 1987 г., связанной с двумя пиками концентраций ^{137}Cs в женском теле и молоке [18]. Повышенную частоту мертворождений регистрировали в 1986 г. по сравнению с 1985 г. со "смещением" всей линии тренда с 1986 г. в странах Центральной (Австрия, Дания, Германия, Италия, Норвегия, Швейцария) и Восточной (Греция, Венгрия, Польша, Швеция) Европы по сравнению с Западной Европой (Бельгия, Франция, Великобритания, Исландия, Ирландия, Люксембург, Португалия, Испания) [19]. В 1987 г. в десяти наиболее радиоактивно загрязненных районах Баварии (загрязнение цезием-137 в среднем на уровне 37.2 кБк/м^2) число мертворожденных увеличилось на 45%, а в трех из них рассматриваемый показатель на 200% превысил ожидаемую величину ($p < 0.01$) [20].

Спустя 31 год после Чернобыльской катастрофы в Брянской обл. на радиоактивно-загрязненных территориях проживает 316 тыс. чел. в 749 населенных пунктах [21].

Мониторинг радиационной обстановки в течение 30 лет после катастрофы показывает, что процессы самоочищения почв от долгоживущих радионуклидов идут медленно. Местами плотность загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr на юго-западных территориях (ЮЗТ) в 2015 г. превышает установленные пределы в десятки раз (до 2116 кБк/м^2 по ^{137}Cs и до 60 кБк/м^2 по ^{90}Sr) [22].

Средние накопленные эффективные дозы облучения жителей радиационно-загрязненных территорий Брянской обл. (1986–2016) варьируют в диапазоне от единиц до сотен мЗв, максимальное расчетное значение 299 мЗв отмечено у жителей поселка Заборье Красногорского р-на [23].

В то же время специального исследования динамики частот мертворождений мальчиков и девочек на радиоактивно-загрязненных территориях Брянской области на протяжении длительного периода сделано не было, хотя это представляется крайне важным для оценки влияния длительного низкоуровневого техногенного радиоактивного загрязнения на популяции человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Статистические данные по абсолютным величинам мертворождений мальчиков и девочек в Брянской обл. получены на основе официальных материалов территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Брянской обл. (Брянскстат) за 31-летний период (1986–2016) [24]. В соответствии с Приказом Минздрава № 1687н в редакции от 2013 г. [25], мертворождаемость – рождение (отделение от организма матери посредством родов) такого плода, у которого отсутствуют признаки живорождения, при сроке беременности не менее 22 нед. и массе плода не менее 500 г (либо менее 500 г при многоплодных родах) либо при длине плода не менее 25 см (в случае, когда масса плода неизвестна).

В дальнейшем рассчитывали коэффициент мертворождаемости число мертворожденных на 1000 родившихся в целом за 1986–2016 гг. и отдельно за первый (1986–1996), второй (1997–2007) и третий (2008–2016) периоды после Чернобыльской катастрофы. Коэффициент мертворождаемости определялся как суммарное число мертворожденных к суммарному числу родившихся в каждом городе и районе Брянской обл.

Анализировались коэффициенты мертворождаемости за период 1986–2016 гг. в следующих группах районов Брянской обл.: 1) юго-западные территории (ЮЗТ), относящиеся к наиболее радиоактивно-загрязненным вследствие Чернобыльской катастрофы в Российской Федерации (два города и семь районов); 2) область без ЮЗТ (контрольная группа) (два города и 20 районов); 3) вся область (четыре города и 27 районов).

Средние накопленные эффективные дозы (СНЭД) и средние годовые эффективные дозы (СГЭД$_{90}$) внешнего и внутреннего облучения жителей радиационно-загрязненных территорий Брянской обл. оценивались нами также за период 1986–2016 гг. по официальным данным Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева [23] и Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Брянской обл. [26]. В качестве исходных данных для определения доз внешнего и внутреннего облучения жителей радиационно-загрязненных территорий Брянской обл. были использованы: 1) результаты измерений удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах молока, картофеля и грибов местного происхождения; 2) данные о группах и типах почв, преобладающих в населенных пунктах или общественных хозяйствах; 3) данные о структуре жилого фонда в населенных пунктах; 4) официальные данные Росгидромета по плотности загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr в населенных пунктах.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием средств пакета Stata SE 14.2 и Deductor Academic 5.3. В качестве среднего значения использовано выборочное среднее. Для проверки статистической значимости отклонений использован t-критерий Стьюдента. В первую очередь для обоснованного выбора методов проверки статистических гипотез нами была проверена нормальность распределения коэффициентов мертворождаемости. Поскольку объ-

Таблица 1. Коэффициенты мертворождений мальчиков и девочек (на 1000 родившихся, $M \pm m$) на территории Брянской области и средняя плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr в 1986–2016 гг.

Территория	Коэффициент мертворождений (1986–2016 гг.), $M \pm m$			Средняя плотность загрязнения по районам, кБк/м^2 (1986–2016)	
	мальчики	девочки	суммарно	^{137}Cs	^{90}Sr
Вся область ($n_м$ = 7570; $n_ж$ = 7132)	8.32 ± 0.42	7.55 ± 0.39	7.94 ± 0.32	5.4–566.7	0.5–20.3
Область (без ЮЗТ) ($n_м$ = 5938; $n_ж$ = 5593)	8.45 ± 0.45	7.81 ± 0.44	8.13 ± 0.41	5.4–47.3	0.5–7.4
ЮЗТ ($n_м$ = 1632; $n_ж$ = 1539)	8.03 ± 0.52	6.88 ± 0.52	7.46 ± 0.42	55.8–566.7	1.7–20.3

Примечание. $n_м$ – средний объем выборки по числу рождений мальчиков; $n_ж$ – средний объем выборки по числу рождений девочек. $p > 0.05$.

ем выборки невелик (n = 31), был использован широко применяющийся в таких ситуациях критерий Шапиро–Уилка. Он показал, что выборка для всех 31 районов далека от нормального распределения. Поэтому было рассмотрено девять наиболее радиационно-загрязненных ЮЗТ, а для них критерий Шапиро–Уилка дал уже удовлетворительный ответ о нормальности распределения на уровне значимости 0.04. Следовательно, при исследовании этих девяти районов можно применять параметрические критерии, что и было нами сделано. Для проверки статистической значимости отклонений использован t-критерий Стьюдента. Также была проведена проверка временного ряда на гомоскедастичность. Обнаружено, что в большинстве случаев гомоскедастичность удовлетворительна и позволяет использовать общие методы статистики.

Регрессионный анализ. Проводили регрессионный анализ динамики мертворождаемости с течением времени, прошедшим после аварии на Чернобыльской АЭС. Каждая точка на кривой “время–эффект” соответствовала суммарному значению этого показателя за трехлетний период. Также проанализированы зависимости коэффициентов мертворождения от плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs, ^{90}Sr, а также от средних накопленных эффективных доз (СНЭД) и среднегодовых эффективных доз ($СГЭД_{90}$). Каждую из них с помощью регрессионного анализа проверяли на совпадение с линейной, квадратичной, мультилинейной, Пуассоновской моделями. При этом полученные результаты несущественно отличались от классической линейной модели, поэтому в работе приведены только уравнения и линии трендов линейной регрессии.

Корреляционный анализ. Ввиду отсутствия соответствия полученных данных для всех 31 районов нормальному распределению, для анализа корреляционных зависимостей применяли непараметрический критерий Спирмена. Для девяти районов ЮЗТ получено нормальное распределение рассматриваемых показателей, в связи с чем был использован анализ по Пирсону и проверена значимость коэффициентов корреляции по Стьюденту.

Кластерный анализ. Для дифференцировки районов Брянской обл. на непересекающиеся кластеры нами был использован повторяющийся алгоритм неиерархической кластеризации k-means с автоматическим подбором количества кластеров (g-means). Данный алгоритм прост для реализации и запуска, относительно быстрый, легко адаптируется и распространен на практике. Алгоритм k-means разделяет исходное множество итеративным способом, чередующимся между двумя шагами: 1) переприсваивание номера кластера всем точкам во множестве и 2) обновление представителей кластера, основанных на точках данных в каждом кластере. В результате четыре города и 27 районов Брянской обл. были разделены на два непересекающихся кластера.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что в течение 31 года после Чернобыльской катастрофы (1986–2016) суммарный коэффициент мертворождаемости на радиационно-загрязненных ЮЗТ на 6 и 8% меньше значений этих показателей, рассчитанных для всей Брянской обл. (среднее значение) и для контрольной группы жителей Брянской обл., не включая ЮЗТ соответственно.

Коэффициент мертворождаемости девочек ЮЗТ меньше таковых значений, оцененных для всей области и для контрольной группы на 9 и 12% соответственно, а мальчиков на 4 и 5% соответственно. Различия не являются статистически значимыми ($p > 0.05$). Коэффициент мертворожденных мальчиков, рассчитанный для всей обла-

Таблица 2. Коэффициенты мертворождений мальчиков и девочек (на 1000 родившихся, $M \pm m$) на территории Брянской области и средняя плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr в первый (1986–1996), второй (1997–2007) и третий периоды после Чернобыльской катастрофы (2008–2016)

Территория	Коэффициент мертворождений (1986–1996 гг.), $M \pm m$			Средняя плотность загрязнения по районам, кБк/м^2 (1986–1996)	
	мальчики	девочки	суммарно	^{137}Cs	^{90}Sr
Вся область	9.90 ± 0.72	8.93 ± 0.47	9.42 ± 0.55	6.7–700.0	0.7–25.2
Область (без ЮЗТ)	9.96 ± 0.70	9.05 ± 0.67	9.51 ± 0.62	6.7–58.4	0.7–9.2
ЮЗТ	9.78 ± 1.00	8.57 ± 0.66	9.17 ± 0.59	68.9–700.0	2.1–25.2
1997–2007					
Вся область	7.80 ± 0.57	6.98 ± 0.55	7.39 ± 0.51	5.2–543.8	0.5–19.4
Область (без ЮЗТ)	8.10 ± 0.76	6.96 ± 0.49	7.53 ± 0.56	5.2–45.4	0.5–7.1
ЮЗТ	7.05 ± 0.38	7.02 ± 1.02	7.03 ± 0.57	53.6–543.8	1.6–19.4
2008–2016					
Вся область	7.03 ± 0.63	6.56 ± 0.81	6.80 ± 0.69	4.1–431.9	0.4–15.2
Область (без ЮЗТ)	7.01 ± 0.62	**7.32 ± 1.01**	7.17 ± 0.77	4.1–36.0	0.4–5.5
ЮЗТ	**7.08 ± 1.01**	**4.66 ± 0.45**	5.87 ± 0.70	42.5–431.9	1.3–15.2

сти, превышает аналогичный показатель для девочек на 10%, а в контрольных районах – на 8%. В радиационно-загрязненных ЮЗТ рассматриваемая разница показателей более выражена (17%), хотя и не является существенной ($p = 0.13$) – табл. 1.

Коэффициент мертворождаемости в первый период после Чернобыльской катастрофы (1986–1996) как у мальчиков, так и у девочек превышает аналогичные значения второго (1997–2007) и третьего (2008–2016) периодов во всех рассматриваемых территориальных группах (табл. 2). Наиболее существенные ($p < 0.001$) различия регистрируются в ЮЗТ между коэффициентом мертворождаемости девочек в первый и третий периоды после катастрофы, снижаясь на 45.6% (8.57 и 4.66 соответственно). У мальчиков также регистрируются снижение (на 27.6%) этого коэффициента за аналогичный промежуток времени (9.78 и 7.08 в первый и третий периоды соответственно), но, тем не менее, различия не достигают статистически значимого уровня ($p = 0.086$). Следует отметить, что коэффициент мертворождаемости девочек радиационно-загрязненных ЮЗТ в третий период после катастрофы существенно меньше соответствующих значений как в контрольной группе (36.3%, $p = 0.028$), так и по всей области в целом (29.0%, $p = 0.039$). В этот же период коэффициенты мертворождения мальчиков практически равны в трех рассматриваемых территориальных группах, составляя от 7.01 до 7.08 (табл. 2).

В результате анализа выявлены прямые, высокие статистически значимые корреляционные связи между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr ($r = 0.74$, $p = 0.023$), СНЭД и СГЭД$_{90}$ ($r = 0.68$, $p = 0.045$) – табл. 3. В то же время обнаружены обратные (отрицательные) корреляционные связи между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr, накопленными дозами и коэффициентом мертворождения мальчиков и девочек. Регистрируются как слабые и незначительные (от –0.22 до –0.34), заметные и несущественные (от –0.46 до –0.56), так и высокие и значимые (–0.67 и –0.77) коэффициенты корреляции, более выраженные для мертворожденных девочек. Минимальные значения коэффициентов мертворождения как отдельно у мальчиков и девочек, так и суммарно регистрируются в районах более высокого радиоактивного загрязнения (373–567 кБк/м^2 по ^{137}Cs) – Красногорском (5.29), Гордеевском (5.96), Злынковском (6.21) и Новозыбковском (6.79). Исключением является город Новозыбков, где коэффициент мертворождаемости выше, достигая наибольших значений у мальчиков (10.94) и существенно ($p < 0.05$) отличаясь от других районов высокого радиоактивного загрязнения (табл. 3).

В результате сравнительного анализа коэффициентов мертворождаемости мальчиков и девочек ЮЗТ не удалось обнаружить статистически значимых различий ($p > 0.05$). Однако выявлено превышение коэффициента мертворождаемости мальчиков над девочками в шести из девяти районов в г. Новозыбкове (46%), Клинцовском (32%), Стародубском (26%), Злынковском (21%), Новозыбковском и Гордеевском (10%) и Красногорском (6%). В Климовском районе коэффициенты мертворождаемости практически равны (8.90 и 8.92), а в г. Клинцы выявляется превышение коэффициента мертворождаемости девочек над мальчиками на 4% (табл. 3).

Таблица 3. Корреляционный анализ связи между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs, ^{90}Sr ЮЗТ Брянской области, накопленными дозами облучения и коэффициентом мертворождений мальчиков и девочек (1986–2016)

Юго-западные территории	Средняя плотность загрязнения, кБк/м^2 (1986–2016)		Накопленные дозы облучения населения, мЗв (1986–2016)		Коэффициент мертворождений, ‰ (1986–2016), $M \pm m$		
	^{137}Cs	^{90}Sr	СНЭД	СГЭД$_{90}$	Мальчики	Девочки	Суммарно
Новозыбковский	566.7	10.4	56.5	76.9	7.08 ± 1.65	6.43 ± 1.45	**6.76 ± 1.12**
г. Новозыбков	561.7	12.1	29.5	74.5	**10.94 ± 1.30**	7.52 ± 1.30	**9.40 ± 1.06**
Злынковский	507.4	20.3	59.6	67.1	6.81 ± 1.42	5.61 ± 1.25	**6.21 ± 1.01**
Гордеевский	404.3	6.2	46.5	48.9	6.23 ± 1.62	5.69 ± 1.43	**5.96 ± 1.17**
Красногорский	373.3	11.6	42.6	51.7	5.45 ± 1.48	5.13 ± 1.37	**5.29 ± 0.97**
г. Клинцы	240.7	3.7	16.9	44.0	7.52 ± 0.97	7.83 ± 0.93	7.56 ± 0.75
Клинцовский	239.2	5.8	37.4	32.7	9.32 ± 1.81	7.07 ± 1.40	8.20 ± 1.41
Климовский	171.7	7.9	23.3	24.5	8.90 ± 1.19	**8.92 ± 1.28**	8.91 ± 0.92
Стародубский	55.8	1.7	17.2	8.3	9.33 ± 1.17	7.41 ± 0.98	8.37 ± 0.86
Корреляция плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr					**$r = 0.74$; $p = 0.023$**		
Корреляция СНЭД и СГЭД$_{90}$					**$r = 0.68$; $p = 0.045$**		
Корреляция плотности загрязнения ^{137}Cs с коэффициентом мертворождений					$r = -0.22$ $p = 0.58$	**$r = -0.51$** $p = 0.17$	$r = -0.33$ $p = 0.40$
Корреляция плотности загрязнения ^{90}Sr с коэффициентом мертворождений					$r = -0.25$ $p = 0.53$	**$r = -0.48$** $p = 0.20$	$r = -0.34$ $p = 0.38$
Корреляция СНЭД с коэффициентом мертворождений					**$r = -0.56$** $p = 0.12$	**$r = -0.77$** **$p = 0.016$**	**$r = -0.67$** **$p = 0.049$**
Корреляция СГЭД$_{90}$ с коэффициентом мертворождений					$r = -0.23$ $p = 0.56$	**$r = -0.46$** $p = 0.22$	$r = -0.32$ $p = 0.41$

Регрессионный анализ показал, что динамика коэффициента мертворождаемости имеет убывающий характер за многолетний период с 1986 по 2016 г. для всех рассматриваемых территориальных групп (рис. 1). Проверка значимости линейного тренда показала, что он значим для области в целом ($p = 0.004$) и ЮЗТ ($p = 0.014$) и менее значим для контрольных районов ($p = 0.055$).

Не установлено существенных зависимостей между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs ($p > 0.303$), ^{90}Sr ($p > 0.315$) и коэффициентами мертворождения во всех районах Брянской области в течение 31-летнего периода после Чернобыльской катастрофы (1986–2016) – табл. 4.

Кроме того, не обнаружено значимых зависимостей между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs ($p > 0.668$), ^{90}Sr ($p > 0.841$) и коэффициентами мертворождения не только по всей Брянской обл., но и отдельно в радиационно-загрязненных ЮЗТ (табл. 5).

Показано, что зависимость коэффициента мертворождаемости от средних накопленных эффективных доз (СНЭД) и среднегодовых эффективных доз (СГЭД$_{90}$) в ЮЗТ за 1986–2016 гг. имеет вид линейного убывающего тренда, значимого для СНЭД ($p = 0.047$) и не значимого для СГЭД$_{90}$ ($p = 0.403$) (рис. 2).

Вместе с тем нами были выявлены интересные закономерности в пяти наиболее загрязненных ЮЗТ с плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs от 373 до 567 кБк/м^2 и ^{90}Sr от 6 до 20 кБк/м^2. В отличие от полученных результатов по всей Брянской обл. и по ЮЗТ, в наиболее радиоактивно загрязненных районах (г. Новозыбков, Новозыбковский, Злынковский, Гордеевский, Красногорский районы) линейная регрессия выявляет статистически значимую связь коэффициентов мертворождений с плотностью загрязнения ^{137}Cs ($p > 0.0001$) и в меньшей степени со ^{90}Sr ($p > 0.088$) – табл. 6.

В результате проведения кластерного анализа районы Брянской обл. были разделены на два непересекающихся кластера (рис. 3, 4).

В первый кластер включены два города и 21 район с плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs от 5.4 до 55.8 кБк/м^2 (рис. 3) и ^{90}Sr

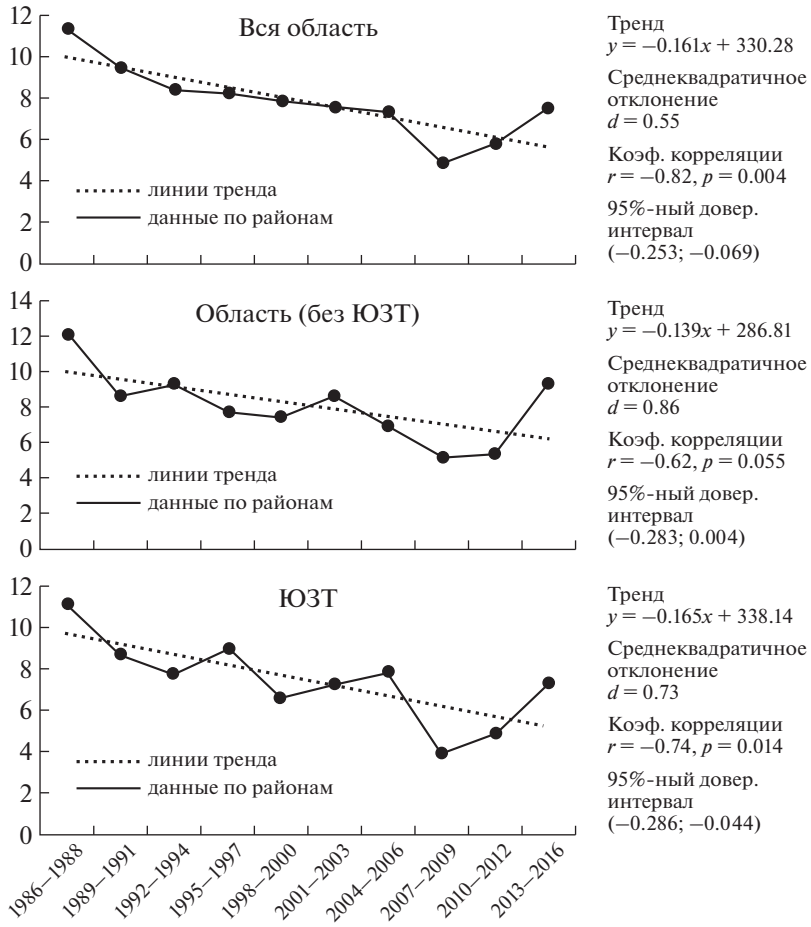

Рис. 1. Динамика коэффициентов мертворождаемости (на 1000 родившихся) на территориях Брянской области с различным уровнем радиоактивного загрязнения в период с 1986 по 2016 г. Каждая точка на кривой "время–эффект" соответствовала суммарному значению показателя за трехлетний период. Представлены линии линейного тренда.

(рис. 4) от 0.5 до 3.7 кБк/м^2. Во второй кластер включены два города и шесть районов с плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs от 171.7 до 566.7 кБк/м^2 (рис. 3) и ^{90}Sr от 5.8 до 20.3 кБк/м^2 (рис. 4).

В первом кластере коэффициенты мертворождаемости, имеющие значения более 8, регистрируются в 12 районах из 23, а во втором кластере – в трех районах из восьми. Кроме того, в четырех из пяти наиболее радиоактивно-загрязненных районов с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 373.3 до 566.7 кБк/м^2 коэффициенты мертворождаемости ниже (5.5–6.8), чем в менее загрязненных районах второго кластера с плотностью загрязнения 171.1–240.7 кБк/м^2 (7.5–9.3) (рис. 3).

По ^{90}Sr наблюдается такая же динамика. В трех из четырех наиболее радиоактивно-загрязненных районов с плотностью загрязнения от 10.4 до 20.3 кБк/м^2 коэффициенты мертворождаемости также ниже, чем таковые в менее загрязненных районах с плотностью загрязнения 5.8–7.9 кБк/м^2 (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты по Брянской обл. не подтверждают данные литературы, указывающие на рост частоты мертворождаемости на радиоактивно-загрязненных территориях после Чернобыльской катастрофы (Kulakov et al., 1993, Головко, 1994; Булдаков, 1996; Korblein et al., 1997; Scherb et al., 1999; Korblein, 2003; Scherb et al., 2003; Боровикова, 2004; Сердюк, 2004; Бондаренко, 2005; Цыб и др., 2006; Ермалицкий и др., 2013; Яблоков и др., 2016) [8–20].

На протяжении 31-летнего периода после Чернобыльской катастрофы (1986–2016) на радиоактивно-загрязненных ЮЗТ регистрируется уменьшение коэффициента мертворождаемости как мальчиков (на 4–5%), так и девочек (на 9–12%) относительно значений, рассчитанных, в сред-

Таблица 4. Линейная регрессия между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr и коэффициентами мертворождения суммарно мальчиков и девочек во всех районах Брянской области (1986–2016)

Source	*SS*	*df*	*MS*	Number of obs = 961		
Model	161.1	1	161.1	F (1.959) = 1.06		
				Prob > F = 0.303		
Residual	145243.7	959	151.5	R-squared = 0.0011		
				Adj R-squared = 0.0001		
Total	145404.8	960	151.5	Root MSE = 12.31		
Sb_rate_bg	*Coef.*	*Std. Err.*	*t*	***P* > |*t*|**	*95% Conf. Interval*	
^{137}Cs_average	–.0023	.0022	–1.03	***0.303***	–.0066	.0021
Cons	16.09	.4703	34.2	0.000	15.17	17.01
Source	*SS*	*df*	*MS*	Number of obs = 961		
Model	153.4	1	153.4	F (1.959) = 1.01		
				Prob > F = 0.315		
Residual	145251.5	959	151.5	R-squared = 0.0011		
				Adj R-squared = 0.0000		
Total	145404.8	960	151.5	Root MSE = 12.31		
Sb_rate_bg	*Coef.*	*Std. Err.*	*t*	***P* > |*t*|**	*95% Conf. Interval*	
^{90}Sr _average	–.0839	.0834	–1.01	***0.315***	–.2476	.0797
Cons	16.13	.4927	32.72	0.000	15.17	17.02

Примечание. *Source* – источник; *Model* – модель; *Residual* – разность; *Total* сумма; *SS* – sum of squares (residual sum of squares) сумма квадратов; *df* – degrees of freedom (residual degrees of freedom) степени свободы; *MS* – mean squared среднее квадратичное отклонение; *Number of obs* – число объектов (количество райнов × период наблюдения, лет); *F* – критерий Фишера; *Prob > F* – вероятность того, что статистика больше, чем F; *R-squared*-R^2, коэффициент детерминации, основной показатель дисперсионного анализа; *Adj R-squared* – adjusted R-squared – скорректированный коэффициент детерминации, применяемый в статистике; *Root MSE* – root mean squared error корень из оценки дисперсии случайной составляющей; *Coef.* – коэффициент; *Std. Err.* – стандартная ошибка; *t* – t-статистика; *P* > |*t*| – вероятность, что статистика больше чем t; *95% Conf. Interval* – доверительный интервал с вероятностью 95%; *Sb_rate_bg* – коэффициент мертворождаемости мальчиков и девочек; ^{137}*Cs_average* – средняя плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs; ^{90}*Sr_average* – средняя плотность радиоактивного загрязнения ^{90}Sr; *Cons* – константа (свободный член линейной модели).

Таблица 5. Линейная регрессия между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr и коэффициентами мертворождения суммарно мальчиков и девочек в ЮЗТ (1986–2016)

Source	*SS*	*df*	*MS*	Number of obs = 279		
Model	25.53	1	25.53	F(1.277) = 0.18		
				Prob > F = 0.668		
Residual	38322.3	277	138.3	R-squared = 0.0007		
				Adj R-squared = –0.003		
Total	38347.8	278	137.9	Root MSE = 11.76		
Sb_rate_bg	*Coef.*	*Std. Err.*	*t*	***P* > |*t*|**	*95% Conf. Interval*	
^{137}Cs_average	.0016	.0037	0.43	**0.668**	–.0058	.0090
Cons	14.29	1.48		0.000	11.39	17.20
Source	*SS*	*df*	*MS*	Number of obs = 279		
Model	5.61	1	5.61	F (1.277) = 0.04		
				Prob > F = 0.841		
Residual	38342.2	277	138.4	R-squared = 0.0001		
				Adj R-squared = –0.0035		
Total	38347.8	278	137.9	Root MSE = 11.76		
Sb_rate_bg	*Coef.*	*Std. Err.*	*t*	***P* > |*t*|**	*95% Conf. Interval*	
^{90}Sr _average	.0250	.1242	0.20	**0.841**	–.2195	.2695
Cons	14.63	1.31	11.20	0.000	12.06	17.20

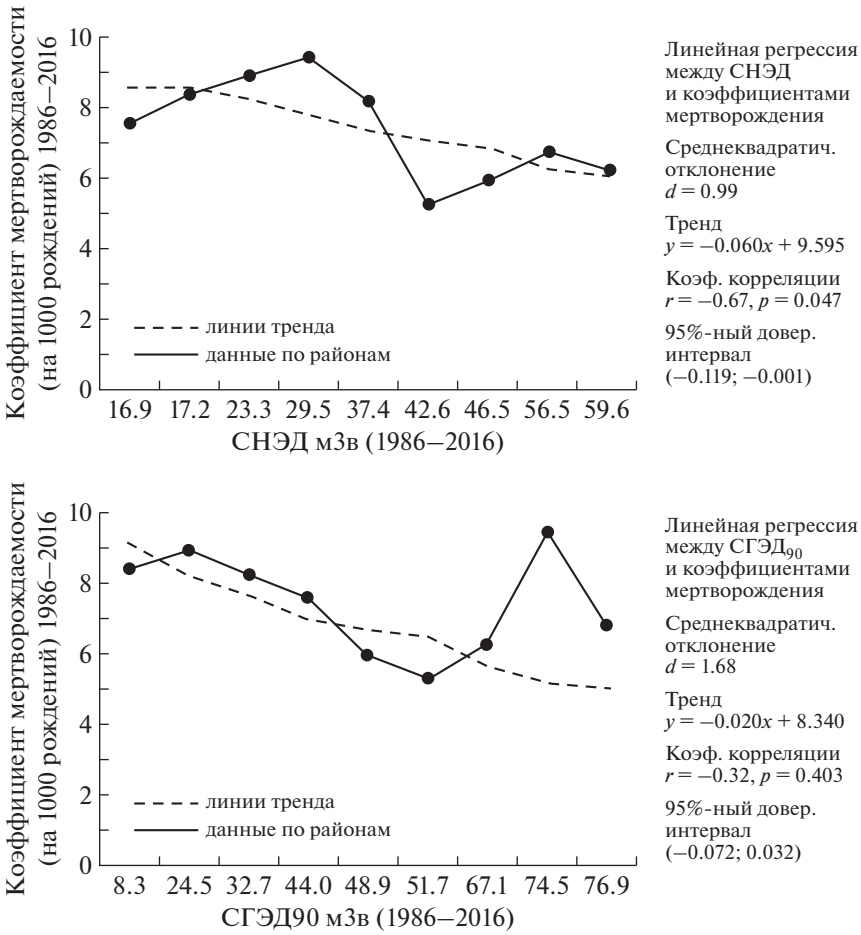

Рис. 2. Линейная регрессия между СНЭД, $СГЭД_{90}$ и коэффициентами мертворождаемости суммарно мальчиков и девочек в ЮЗТ (1986–2016).

нем, для всей области и для радиоактивно незагрязненных территорий.

Такой же вывод можно сделать при сравнении коэффициентов мертворождаемости, соответствующих первому (1986–1996), второму (1997–2007) и третьему периодам после катастрофы (2008–2016), для которых регистрировались минимальные значения данного показателя. Так, суммарный коэффициент мертворождаемости меньше значений этого показателя, рассчитанного, в среднем, для всей области, и для радиоактивно не загрязненных территорий на 2.7–3.6, 4.9–6.6 и на 13–18% в первый, второй и третий периоды после аварии соответственно.

Исключением являются данные по частоте мертворождаемости через 1 год после Чернобыльской катастрофы: в 1987 г. на радиационно-загрязненных ЮЗТ зарегистрировано резкое увеличение коэффициента мертворождаемости мальчиков (до 16.7), что превышает соответствующий показатель для контрольных территорий на 37% (12.2) и подтверждает исследования немецких ученых (Scherb et al., 2003) [20]. Однако уже в следующем 1988 г. коэффициент мертворождаемости падает на 36% (10.7), снижаясь к 1990 г. на 51% (8.2). При этом рассматриваемый показатель для девочек не только статистически значимо ниже такового для мальчиков (на 49%), но и существенно ниже значений, рассчитанных для контрольной группы (на 38%) и области в целом (на 35%).

Полученные результаты можно объяснить, во-первых, тем, что основными факторами риска мертворождаемости являются низкая посещаемость учреждений антенатальной помощи (Ashish et al., 2015) [27], социально-экономическое неблагополучие (Ghimire et al., 2017) [28], осложнения во время родов, возраст матери старше 35 лет, острые и хронические инфекции матери во время беременности, высокое кровяное давление, сахарный диабет и др. (Getahun et al., 2007; Salihu et al., 2008; Facchinetti et al., 2011) [29–31].

Во-вторых, в Брянской обл. родильницы, проживающие в радиационно-загрязненных ЮЗТ, проходят более углубленное бесплатное медицинское обследование в течение периода беременности, что позволяет значительно уменьшить риск мертворождения.

Таблица 6. Линейная регрессия между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs (вверху) и ^{90}Sr (внизу) и коэффициентами мертворождения суммарно мальчиков и девочек в пяти наиболее радиационно-загрязненных ЮЗТ (1986–2016)

Source	*SS*	*df*	*MS*	Number of obs = 155		
Model	2218.3	1	2218.3	F (1.153) = 17.00		
				Prob > F = 0.0001		
Residual	19965.3	153	130.5	R-squared = 0.100		
				Adj R-squared = 0.094		
Total	22183.6	154	144.5	Root MSE = 11.42		
Sb_rate_bg	*Coef.*	*Std. Err.*	*t*	***P* > |*t*|**	*95% Conf. Interval*	
^{137}Cs_average	.0295	.0072	4.12	**0.0001**	.0154	.0437
Cons	–.7343	3.58	–0.21	0.838	–7.80	6.33
Source	*SS*	*df*	*MS*	Number of obs = 155		
Model	420.1	1	420.1	F(1.153) = 2.95		
				Prob > F = 0.088		
Residual	21763.5	153	142.2	R-squared = 0.019		
				Adj R-squared = 0.012		
Total	22183.6	154	144.0	Root MSE = 11.93		
Sb_rate_bg	*Coef.*	*Std. Err.*	*t*	***P* > |*t*|**	*95% Conf. Interval*	
^{90}Sr _average	.308	.1793	1.72	**0.088**	–.0461	.6624
Cons	9.79	2.38	4.12	0.000	5.09	14.48

Кроме того, в Брянской обл. действует программа по прерыванию беременности (медицинских абортов) в случае выявления крупных, не совместимых с жизнью врожденных пороков развития у плода, что снижает как число мертворожденных, так и родившихся с ВПР.

Подобная программа в наиболее радиоактивно загрязненных областях Беларуси начиная с конца 1990-х годов помогла резко снизить число радиационно-индуцированных ВПР (Яблоков и др., 2016) [8].

Третье возможное объяснение заключается в том, что загрязнение ^{137}Cs и ^{90}Sr недостаточно полно отражает весь спектр радиоактивного загрязнения области. Известно (Стародубов, 2007) [32], что территория Брянской обл. загрязнена также высокотоксичными трансурановыми радионуклидами – α-излучателями плутонием и америцием-241, который невозможно обнаружить с применением стандартных радиометров. Известно также, что “пятнистость” загрязнения разными радионуклидами после Чернобыльской катастрофы различна (Израэль и др., 2009; Яблоков и др., 2016) [3, 8].

Обращают на себя внимание полученные результаты по соотношению мертворожденных мальчиков и девочек. Поскольку общемировые тенденции выявляют повышенный риск мертворождения плодов мужского пола примерно на 10% (Mondal et al., 2014) [33], то показатели, рассчитанные для всей Брянской обл. в период 1986–2016 гг. и для радиоактивно-загрязненных районов, подтверждают общемировую тенденцию (увеличение коэффициента мертворождаемости мальчиков над девочками на 10 и 8% соответственно).

В радиоактивно-загрязненных ЮЗТ рассматриваемое увеличение является более выраженным (на 17%). При этом наиболее существенные ($p < 0.05$) различия регистрируются в ЮЗТ в третий период после катастрофы, увеличиваясь до 52% (показатели мертворождаемости 7.08 и 4.66 для мальчиков и девочек соответственно).

Полученные результаты могут свидетельствовать о большей чувствительности плодов мужского пола к воздействию радиации в малых дозах.

При будущих исследованиях представляется необходимым:

– исследовать влияние на полученные результаты данных по популяции г. Брянска с более развитой социальной структурой, чем область в целом. Следует отметить, что популяция Брянска составляет 1/3 от численности области и может сильно влиять на результаты анализа;

– рассматривать не только суммарное число мертворожденных к суммарному числу родившихся в каждом городе и районе Брянской обл., но и провести усреднение коэффициентов мертворождаемости с весом численности отдельных популяций;

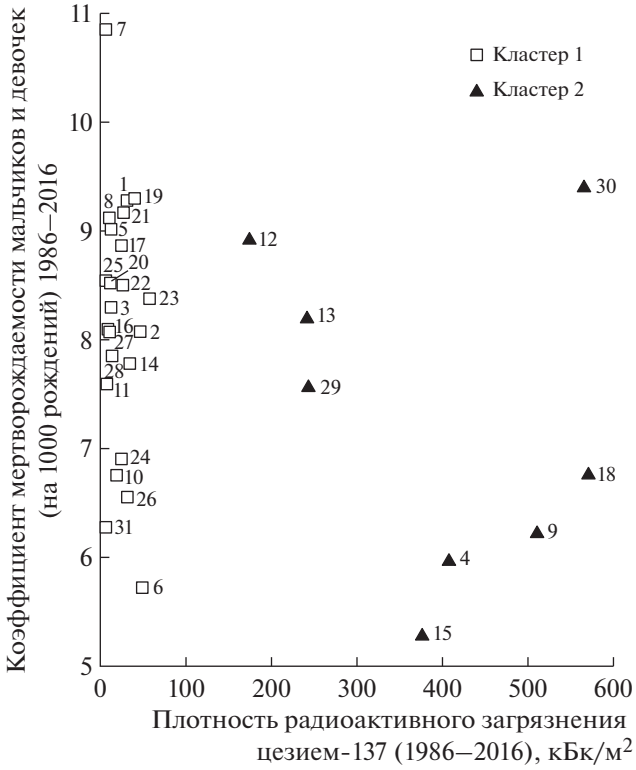

Рис. 3. Кластерный анализ распределения городов и районов Брянской области и коэффициентов мертворождаемости суммарно мальчиков и девочек, и плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs. Примечание к рис. 3 и 4.

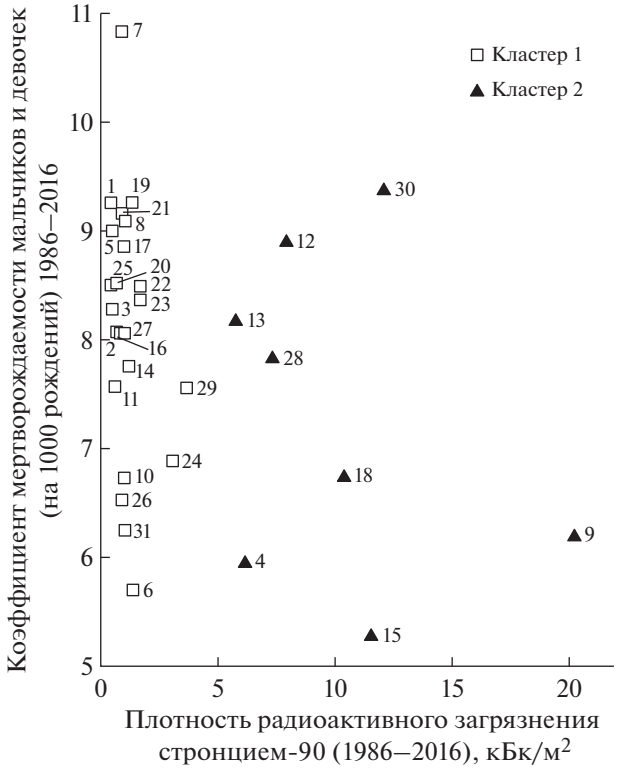

Рис. 4. Кластерный анализ распределения городов и районов Брянской области и коэффициентов мертворождаемости суммарно мальчиков и девочек, и плотности радиоактивного загрязнения ^{90}Sr.

1. Брасовский район	11. Клетнянский район	21. Рогнединский район
2. Брянский район	12. Климовский район	22. Севский район
3. Выгоничский район	13. Клинцовский район	23. Стародубский район
4. Гордеевский район	14. Комаричский район	24. Суземский район
5. Дубровский район	15. Красногорский район	25. Суражский район
6. Дятьковский район	16. Мглинский район	26. Трубчевский район
7. Жирятинский район	17. Навлинский район	27. Унечский район
8. Жуковский район	18. Новозыбковский район	28. г. Брянск
9. Злынковский район	19. Погарский район	29. г. Клинцы
10.Карачевский район	20. Почепский район	30. г. Новозыбков
		31. г. Сельцо

– проанализировать частоту мертворождаемости не только в Брянской обл., но и в других регионах Российской Федерации, Украины и республики Беларусь, пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы;

– учитывать возможность эмбриотоксического влияния радиоактивного загрязнения ЮЗТ иными, дополнительными к ^{137}Cs и ^{90}Sr, трансурановыми радионуклидами.

ВЫВОДЫ

1. На протяжении 31 года после Чернобыльской катастрофы (1986–2016) не выявлено существенных различий коэффициента мертворождаемости мальчиков и девочек на радиоактивно-загрязненных и незагрязненных территориях Брянской обл.

2. Выявлено значимое снижение с течением времени, прошедшего после аварии на Чернобыльской АЭС (период с 1986 по 2016 г.), коэффициента мертворождаемости во всех рассмотренных территориальных группах.

3. Не установлено существенных зависимостей между плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs, ^{90}Sr и коэффициентами мертворождаемости мальчиков и девочек, рассчитанных как для всей Брянской области (среднее значение), так и отдельно для радиоактивно-загрязненных ЮЗТ за 1986–2016 гг.

4. Выявлена обратная зависимость между коэффициентом мертворождаемости и средними накопленными эффективными дозами (СНЭД) в

ЮЗТ за 1986–2016 гг., которая значимо описывается линейным уравнением. Для среднегодовых эффективных доз ($СГЭД_{90}$) линейная регрессия не является значимой.

5. В отличие от полученных результатов, усредненных для всей Брянской области и для ЮЗТ, в наиболее радиоактивно загрязненных районах линейная регрессия выявляет статистически значимую связь коэффициентов мертворождений с плотностью загрязнения ^{137}Cs и, в меньшей степени, со ^{90}Sr.

6. Коэффициенты мертворождаемости в первый период после Чернобыльской катастрофы (1986–1996) как для мальчиков, так и для девочек превышают аналогичные показатели второго (1997–2007) и третьего (2008–2016) периодов во всех группах районов при наиболее существенных различиях в ЮЗТ в первый и третий периоды после катастрофы (снижение на 46% у девочек и на 28% у мальчиков).

7. Установлено более значительное превышение коэффициента мертворождаемости мальчиков над девочками в радиационно-загрязненных ЮЗТ (на 17%) по сравнению с данными по области (на 10%) и контрольными территориями (на 8%). При этом наиболее существенные различия регистрируются в третий период после катастрофы (на 52%).

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья выполнена в рамках государственного задания 19.9992.2017/5.2 в рамках международного научно-образовательного сотрудничества Минобрнауки и DAAD по программе “Михаил Ломоносов”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ICRP. 2003. Dosimetric Significance of the ICRP’s Updated Guidance and Models (1989–2003) and Implications for U.S. Federal Guidance / Eds R. W. Leggett and K. F. Eckerman. Oak Ridge, Tennessee, 2003. 89 p.
2. BEIR VII Phase 2. 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council. The National Academies Press, 2006. 423 p.
3. *Израэль Ю.А., Богдевич И.М.* Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. Москва–Минск: Инфосфера, 2009. 140 с.
4. *Онищенко Г.Г.* Радиационно-гигиенические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и задачи по их минимизации // Радиац. гигиена. 2009. № 2. С. 5–13.
5. Национальный доклад Украины. Двадцать пять лет Чернобыльской катастрофы. Безопасность будущего. Киев: Из-во КІМ, 2011. 368 с.
6. Национальный доклад республики Беларусь. Тридцать лет Чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. 2016. 116 с.
7. Российский национальный доклад. Тридцать лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России (1986–2016). М.: Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий РФ, 2016. 202 с.
8. *Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В. и др.* Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 826 с.
9. *Kulakov V.I., Sokur T.N., Volobuev A.I. et al.* Female reproduction function in areas affected by radiation after the Chernobyl power station accident // Environ. Health Persp. 1993. V. 111. № 2. P. 117–123.
10. *Головко О.В.* Гигиеническая оценка медико-демографических показателей популяций Белоруссии и России, проживающих на территориях, отнесенных к зоне аварии на Чернобыльской АЭС: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.: Ин-т биофизики, 1994. 23 с.
11. *Булдаков Л.А., Лягинская А.М., Демин С.Н. и др.* Радиационно-эпидемиологическое исследование репродуктивного здоровья, онкологической заболеваемости и смертности у населения, облученного ионизирующей радиацией в результате Чернобыльской аварии и промышленной активности уральского “Маяка” (монография). М.: Ин-т биофизики, 1996. 201 с.
12. *Korblein A.* Strontium fallout from Chernobyl and perinatal mortality in Ukraine and Belarus // Radiat. Biol. Radioecol. 2003. V. 43. № 2. P. 197–202.
13. *Боровикова М.П.* Анализ медицинских последствий катастрофы на ЧАЭС у детей Калужской области для выработки стратегии и тактики специализированной диспансеризации: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Обнинск: Медицинский радиологический научный центр РАМН, 2004. 42 с.
14. *Сердюк А.М., Тимченко О.И., Елагин В.В. и др.* Последствия Чернобыльской катастрофы: не рожденные дети // Междунар. журн. радиац. медицины. 2004. Т. 6. № 1. С. 174–178.
15. *Бондаренко Н.А.* Состояние здоровья детей, облученных внутриутробно в различные сроки после аварии на Чернобыльской АЭС, проживающих в территории, подвергшейся воздействию радионуклидов, и способы снижения негативных последствий радиационного воздействия: Автореф. ... канд мед наук. М.: НИИ педиатрии и детской хирургии, 2005. 24 с.
16. *Цыб А.Ф., Иванов В.К., Матвеенко Е.Г. и др.* Анализ медицинских последствий катастрофы на чернобыльской АЭС у детей, 20 лет проживающих на загрязненных территориях для выработки стратегии и тактики специализированной диспансеризации // Междунар. науч.-практ. конф. “20 лет Чернобыльской катастрофы: экологические и социальные уроки”, Москва, 05 июня 2006. М., 2006. С. 269–277.
17. *Ермалицкий А.П., Лягинская А.М., Осипов В.А. и др.* К проблеме допустимых уровней аварийного и последующего профессионального ионизирующего облучения лиц репродуктивного возраста // Гигиена и санитария. 2013. № 3. С. 46–50.

18. *Korblein A., Kuchenhoff H.* Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident // Radiat. Environ. Biophys. 1997. V. 36. № 1. P. 3–7.
19. *Scherb H., Weigelt E., Brüske-Hohlfeld I.* European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident // Int. J. Epidemiol. 1999. V. 28. № 5. P. 932–940.
20. *Scherb H., Weigelt E.* Congenital malformation and stillbirth in Germany and Europe before and after the Chernobyl nuclear power plant accident // Environ. Sci. Pollut. Res. 2003. V. 10. № 1. P. 117–125.
21. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074. Перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции.
22. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240 / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск, ФГБУ НПО "Тайфун", 2015. 225 с.
23. *Брук Г.Я., Базюкин А.Б., Братилова А.А. и др.* Средние накопленные за 1986–2016 гг. эффективные дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 "Об утверждении Перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС" // Радиац. гигиена. 2017. Т. 10. № 2. С. 57105.
24. Информационная справка по уровню мертворождений и численности населения по Брянской области и Российской Федерации с 1986 по 2016 г. (договор № 65-АРМ). Брянск: Управление Федеральной службы государственной статистики по Брянской области, 2017. 21 с.
25. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27 декабря 2011 г. № 1687н "О медицинских критериях рождения, форме документа о рождении и порядке ее выдачи" (с изменениями в соответствии с приказом Минздрава России от 02 сентября 2013 г. № 609н).
26. *Трапезникова Л.Н., Пархоменко В.И., Самойленко Т.Н. и др.* Информационный справочник: "Дозы облучения населения Брянской области от различных источников ионизирующего излучения за 2016 год". Брянск: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Брянской области, 2017. 62 с.
27. *Ashish K.C., Nelin V., Wrammert J. et al.* Risk factors for antepartum stillbirth: a case-control study in Nepal // BMC Pregnancy Childbirth. 2015 Jul 5; 15: 146. doi: 10.1186/s12884-015-0567-3
28. *Ghimire P.R., Agho K.E., Renzaho A. et al.* Socio-economic predictors of stillbirths in Nepal (2001-011) // PLoS One. 2017 Jul 13; V. 12. № 7: e0181332. eCollection 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0181332
29. *Getahun D., Ananth C.V., Kinzler W.L.* Risk factors for antepartum and intrapartum stillbirth: a population-based study // Am. J. Obstet. Gynecol. 2007; 196 (6). P. 499–507. doi: 10.1016/j.ajog.2006.09.017
30. *Salihu H.M., Wilson R.E., Alio A.P. et al.* Advanced maternal age and risk of antepartum and intrapartum stillbirth // J. Obstet. Gynecol. Res. 2008. V. 34. № 5. P. 843–50. doi: 10.1111/j.1447-0756.2008.00855.x
31. *Facchinetti F., Alberico S., Benedetto C. et al.* Italian Stillbirth Study Group: a multicenter, case-control study on risk factors for antepartum stillbirth // J. Matern. Fetal Neonatal Med. 2011. V. 24 № 3. P. 407–10. doi: 10.3109/14767058.2010.496880
32. *Стародубов А.В.* Оценка и прогнозирование радиационно-экологического состояния природной среды в зоне Чернобыльского загрязнения: на примере Брянской области: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М.: Всероссийский НИИ минерального сырья им. Н.М. Федоровского, 2007. 23 с.
33. *Mondal D., Galloway T., Bailey T. et al.* mailto:f.mathews@exeter.ac.ukElevated risk of stillbirth in males: systematic review and meta-analysis of more than 30 million births // BMC Medicine 2014. http://bmcmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-014-0220-4

Comparative Analysis of the Frequency of Stillbirth in the Radiation-Contaminated Territories of the Bryansk Region after the Chernobyl Disaster (1986–2016)

A.V. Korsakov[a,#], V. Hoffmann[b], L. I. Pugach[a], and D.G. Lagerev[a]

[a] *Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation*

[b] *Institute for Community Medicine Dept. Supply Epidemiology and Community Health University Medical Center Greifswald, Greifswald, Germany*

[#] *E-mail: korsakov_anton@mail.ru*

Based on the official statistics for 1986–2016, a comparative analysis of the rate of stillbirth in boys and girls in radiation-contaminated areas of the Bryansk region after the Chernobyl disaster with different radioactive contamination densities for long-lived radionuclides of ^{137}Cs and ^{90}Sr was performed. No significant differences were found in the stillbirth rate for both boys and girls in the radioactively contaminated and non contaminated areas of the Bryansk region during 31 years after the Chernobyl disaster (1986–2016). A significant excess coefficient of stillborn boys over girls is revealed in radiation-contaminated areas (17%) as compared with the corresponding data on the region (10%) and control areas (8%), with the most significant differences observed in the third period after the disaster (52%).

Keywords: stillbirth, teratogenic effect, Chernobyl disaster, Bryansk region, radioactive contamination, ^{137}Cs, ^{90}Sr